

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
6. März 2003 (06.03.2003)

PCT

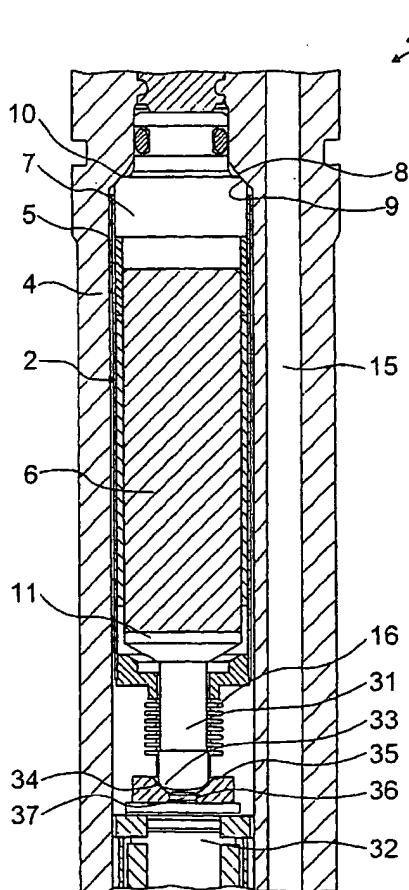
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 03/018996 A2**

- (51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: **F02M 59/46**, (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von  
47/02, 51/06 US): **ROBERT BOSCH GMBH** [DE/DE]; Postfach 30 02  
20, 70442 Stuttgart (DE).
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE02/02519 (72) Erfinder; und
- (22) Internationales Anmeldedatum: 10. Juli 2002 (10.07.2002) (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **KIENZLER, Dieter**  
[DE/DE]; Neukoellner Strasse 6, 71229 Leonberg (DE).  
**SCHMIEDER, Dietmar** [DE/DE]; Silberstrasse 12,  
71706 Markgroeningen (DE). **KOEPEL, Thomas**  
[DE/DE]; Lichtenfelser Strasse 6, 96103 Hallstadt (DE).
- (25) Einreichungssprache: Deutsch (81) Bestimmungsstaaten (national): JP, KR, US.
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch (84) Bestimmungsstaaten (regional): europäisches Patent (AT,  
BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR,  
IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, SK, TR).
- (30) Angaben zur Priorität:  
101 40 529.4 17. August 2001 (17.08.2001) DE

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: PIEZOELECTRIC ACTUATOR MODULE

(54) Bezeichnung: PIEZOELEKTRISCHES AKTORMODUL



(57) Abstract: A piezoelectric actuator module is disclosed, in particular for operating a valve for controlling fluids in a fuel injection valve, comprising a piezoelectric component (6), axially supported by an actuator base (7) on a housing (4) and with a working connection to a regulator (32), by means of an actuator head (31). The actuator head (31) is provided with a spherically curved surface (33), by means of which the piezoelectric component (6) acts on the regulator (32).

(57) Zusammenfassung: Es wird ein piezoelektrisches Aktormodul, insbesondere zur Betätigung eines Ventils zum Steuern von Flüssigkeiten bei einem Kraftstoffeinspritzventil, vorgeschlagen, das ein piezoelektrisches Bauelement (6) aufweist, das sich axial über einen Aktorfuß (7) an einem Gehäuse (4) abstützt und über einen Aktorkopf (31) mit einer Stelleinheit (32) in Wirkverbindung steht. Dem Aktorkopf (31) ist eine kugelförmig gekrümmte Fläche (33) zugeordnet, über welche das piezoelektrische Bauelement (6) auf die Stelleinheit (32) wirkt.

WO 03/018996 A2



**Veröffentlicht:**

— ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts

*Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.*

5

.0

### Piezelektrisches Aktormodul

.5

#### Stand der Technik

10

Die Erfindung geht von einem piezoelektrischen Aktormodul, insbesondere zur Betätigung eines Ventils zum Steuern von Flüssigkeiten bei einem Kraftstoffeinspritzventil, gemäß der im Oberbegriff des Patentanspruches 1 näher definierten Art aus.

15

Ein solches piezoelektrisches Aktormodul ist aus der Praxis bekannt und wird beispielsweise bei einem Common-Rail-Injektor zum Einspritzen von Dieselkraftstoff in einen Verbrennungsraum einer Verbrennungsmaschine eingesetzt.

20

Das piezoelektrische Aktormodul ist Bestandteil einer Ventilsteuereinheit des Kraftstoffeinspritzventils, mittels welcher eine in einem Düsenmodul angeordnete Düsennadel betätigbar ist, die mit zu dem Verbrennungsraum der Verbren-

nungsmaschine führenden Einspritzungsöffnungen in Wirkverbindung steht, und umfaßt einen Aktorfuß, einen Aktor und einen Aktorkopf.

5 Die Ventilsteuereinheit umfaßt des weiteren einen sogenannten Stellkolben, der über den Aktorkopf mittels des piezoelektrischen Aktormoduls verschiebbar ist und der über einen hydraulischen Koppler mit einem sogenannten Betätigungs-  
kolben in Wirkverbindung steht, der mit einem mit einem Ventilsitz zusammenwirkenden Ventilschließglied verbunden ist.

Eine mögliche toleranzbedingte Schrägstellung des Aktorkopfes ist bei dem bekannten Aktormodul mittels eines Stiftes ausgeglichen, der zwischen dem Aktorkopf und dem als Stell-  
einheit dienenden Stellkolben angeordnet ist und in eine Ausnehmung des Stellkolbens eingreift, die an der dem Aktormodul zugewandten Stirnseite angeordnet ist.

#### Vorteile der Erfindung

Das erfindungsgemäße piezoelektrische Aktormodul, insbesondere zur Betätigung eines Ventils zum Steuern von Flüssigkeiten bei einem Kraftstoffeinspritzventil, mit den Merkmalen nach dem Oberbegriff des Patentanspruches 1, bei welchem dem Aktorkopf eine im wesentlichen kugelförmig gekrümmte Fläche zugeordnet ist, über welche das piezoelektrische Bauelement auf die Stelleinheit wirkt, hat den Vorteil, daß es aufgrund der kugelförmig gekrümmt ausgebildeten Fläche möglich ist, eine geringe Bauhöhe im Kraftüber-

tragungsbereich zwischen dem piezoelektrischen Bauelement und der Stelleinheit zu ermöglichen. Dadurch ist bei den piezoelektrischen Aktormodul nach der Erfindung ein gegenüber dem Stand der Technik kleinerer axialer Einbauraum erforderlich.

Das Aktormodul nach der Erfindung kann als Bestandteil einer Ventilsteuereinheit eines Kraftstoffeinspritzventils für einen Verbrennungsmotor ausgebildet sein. In diesem Fall ist die Stelleinheit bevorzugt als Stellkolben ausgebildet, der über einen hydraulischen Koppler mit einem Betätigungskolben in Wirkverbindung steht, mittels dem wiederum ein Ventilschließglied betätigbar ist. Mittels der Ventilsteuereinheit ist eine in einem Injektormodul des Kraftstoffeinspritzventils angeordnete Düsennadel betätigbar, die mit zu einem Verbrennungsraum führenden Einspritzungsöffnungen zusammenwirkt.

Nach einer bevorzugten Ausführungsform des Aktormoduls nach der Erfindung ist die kugelförmig gekrümmte Fläche direkt an dem Aktorkopf ausgebildet. Diese Ausführungsform, die mit wenigen Bauteilen realisierbar ist, gestaltet sich als montagefreundlich.

Der Aktorkopf ist beispielsweise ein Drehteil, wobei die kugelförmig gekrümmte Fläche direkt an den Aktorkopf angedreht sein kann.

Nach einer alternativen Ausführungsform ist die im wesentlichen kugelförmig gekrümmte Fläche an der Stelleinheit ausgebildet. Die kugelförmig gekrümmte Fläche bildet dann

die in Richtung des piezoelektrischen Bauelements weisende  
Stirnseite der Stelleinheit und greift an dem Aktorkopf an.  
Bei dieser Ausführungsform, die kostengünstig herstellbar  
ist, ist ein Stellkolben der Stelleinheit, der die kugel-  
förmig gekrümmte Fläche aufweist, in einem Arbeitsgang von  
der Stange fertig schleifbar.

Nach einer weiteren Ausführungsform ist die kugelförmig ge-  
krümmte Fläche von einer Kugel gebildet. Diese Kugel ist  
dann zweckmäßigerweise mittels entsprechend ausgebildeter  
Sitze in radialer Richtung zwischen dem Aktorkopf und der  
Stelleinheit fixiert. Die Kugel liegt bevorzugt lose an dem  
Aktorkopf an. Die Kugel kann sehr klein und nahezu voll-  
ständig von der Stelleinheit und dem Aktorkopf aufgenommen  
sein.

Die kugelförmig gewölbte Fläche greift vorzugsweise in ei-  
nen im wesentlichen kegelförmigen Sitz ein, der je nach  
Ausführungsform der Stelleinheit oder dem Aktorkopf zuge-  
ordnet ist. Dadurch ist eine konstruktiv einfache radiale  
Fixierung bzw. Zentrierung des Aktorkopfes und damit des  
piezoelektrischen Bauelementes möglich.

Um eine geringe Flächenpressung zwischen der kugelförmig  
gekrümmten Fläche und dem kegelförmigen Sitz zu erreichen,  
ist der kegelförmige Sitz bevorzugt in der der kugelförmig  
gekrümmten Fläche abgewandten Richtung, d.h. konkav ge-  
wölbt. Der Krümmungsradius dieser Wölbung ist zweckmäßiger-  
weise etwas größer als derjenige der kugelförmig gekrümmten  
Fläche. Durch die Wölbung kann eine geringe Flächenpressung  
zwischen der kugelförmig gekrümmten Fläche und dem kugel-

förmigen Sitz erreicht werden, was zu einer geringen Verformung der betreffenden Bauteile bei Beanspruchung führt.

5 Um beispielsweise bei einer Steuereinheit eines Einspritzventils einen zwischen einem als Stelleinheit dienenden Stellkolben und einem Betätigungskolben liegenden hydraulischen Koppler hinsichtlich seiner Größe und seiner Lage einstellen zu können, liegt bei einer bevorzugten Ausführungsform des piezoelektrischen Aktormoduls nach der Erfindung die kugelförmig gekrümmte Fläche an einem der Stelleinheit zugeordneten Einstellstück an. Wenn die kugelförmig gekrümmte Fläche an der Stelleinheit ausgebildet ist, ist das Einstellstück dem Aktorkopf zugeordnet. Das Einstellstück kann beispielsweise scheibenförmig ausgebildet sein und einen Sitz für die kugelförmig gekrümmte Fläche aufweisen. Je nach gewünschter Lage des Stellkolbens und damit des hydraulischen Kopplers kann eine Scheibe entsprechender Dicke eingesetzt werden.

10 Entsprechend kann bei der Ausführungsform, bei der die kugelförmig gekrümmte Fläche von einer Kugel gebildet ist, je nach gewünschter Lage des Stellkolbens eine Kugel mit entsprechendem Radius eingesetzt werden. Die Kugel dient in diesem Fall als Einstellstück.

15 Zur radialen Fixierung des Einstellstücks weist dieses bevorzugt eine Bohrung auf, in welche ein Zapfen der Stelleinheit bzw. des Aktorkopfes ragt.

20 Um zu gewährleisten, daß auf das piezoelektrische Bauelement keine die Funktionsfähigkeit beeinträchtigenden Biege-

momente wirken, stützt sich der Aktorfuß auf vorteilhafte Weise über eine an einer Schulter ausgebildete abgerundete Kante an dem Gehäuse ab.

5 In zweckmäßiger Weise wirkt die abgerundete Kante mit einem im wesentlichen kegelförmigen Sitz zusammen, der an dem Gehäuse ausgebildet ist. Dieser Sitz kann konkav gewölbt ausgebildet sein.

.0 Durch die Ausbildung des Aktorfußes mit einer sich an dem Gehäuse abstützenden abgerundeten Kante kann bei einem Einspritzventil gewährleistet werden, daß das den Aktor bildende piezoelektrische Bauelement exakt gegenüber einer zwischen der Ventilsteuereinheit und einem Injektormodul  
.5 angeordneten Ventilplatte ausgerichtet ist.

Weitere Vorteile und vorteilhafte Ausgestaltungen des Gegenstandes nach der Erfindung sind der Beschreibung, der Zeichnung und den Patentansprüchen entnehmbar.

:0

#### Zeichnung

Drei Ausführungsbeispiele des piezoelektrischen Aktormoduls  
:5 nach der Erfindung sind in der Zeichnung schematisch vereinfacht dargestellt und werden in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Es zeigen

Figur 1 einen schematischen Längsschnitt durch eine Ventilsteuereinheit eines Einspritzventils;



Figur 2 einen schematischen Längsschnitt durch eine alternative Ausführungsform einer Ventilsteuereinheit eines Einspritzventils; und

Figur 3 eine weitere Ausführungsform einer Ventilsteuereinheit.

### Beschreibung der Ausführungsbeispiele

In Figur 1 ist eine Ventilsteuereinheit 1 eines Kraftstoffeinspritzventils dargestellt, welches zum Einbau in eine nicht dargestellte Brennkraftmaschine eines Kraftfahrzeugs vorgesehen ist und hier als Common-Rail-Injektor zur Einspritzung von vorzugsweise Dieselkraftstoff ausgebildet ist.

Das Kraftstoffeinspritzventil umfaßt neben der Ventilsteuereinheit 1 ein nicht näher dargestelltes Düsenmodul, in welchem eine axial verschiebbare Düsennadel angeordnet ist, die mit sogenannten Einspritzöffnungen, die zu einem Verbrennungsraum der Brennkraftmaschine führen, in Wirkverbindung steht. Das Ventilsteuermodul 1 dient zur Betätigung der Düsennadel.

In der Ventilsteuereinheit 1 ist ein sogenanntes piezoelektrisches Aktormodul 2 angeordnet, welches zur Betätigung, d.h. zur axialen Verschiebung eines als Stelleinheit dienenden Stellkolbens 3 dient. Der Stellkolben 3 ist über einen nicht dargestellten, als Hydraulikkammer ausgebildeten hydraulischen Koppler mit einem ebenfalls nicht dargestellten Betätigungskolben gekoppelt. Der Betätigungskolben

ist mit einem Ventilschließglied verbunden, das mit einem Ventilsitz zusammenwirkt und bei dessen Betätigung eine Druckveränderung in einem Ventilsteuerraum ausgelöst wird, wodurch die Düsennadel eine axiale Verschiebung erfährt, so daß die Einspritzöffnungen geöffnet bzw. geschlossen werden.

Das Aktormodul 2 ist in einer axialen Bohrung 5 eines als Ventilhalter dienenden Gehäuses 4 angeordnet und umfaßt ein piezoelektrisches Bauelement 6, das den sogenannten Aktor darstellt und beim Anlegen einer elektrischen Spannung eine axiale Längung erfährt.

Der Aktor 4 stützt sich über einen Aktorfuß 7 an dem Ventilhalter 4 ab. Der Aktorfuß 7 weist hierzu eine an einer Schulter 8 ausgebildete, abgerundete Kante 9 auf, die ringförmig ausgebildet ist und an einem an dem Ventilhalter 4 ausgebildeten, im wesentlichen kegelartigen Sitz 10 anliegt. Der kegelartig ausgebildete Sitz 10 ist mit einer leichten Wölbung versehen, die konkav, d.h. in der dem Aktorfuß 7 abgewandten Richtung ausgebildet ist. Die Wölbung des Sitzes 10 hat einen Krümmungsradius, der etwas größer als derjenige der Rundung der Kante 9 ist.

An der dem Aktorfuß 7 abgewandten Seite schließt sich an den Aktor 6 ein Aktorkopf 11 an, der zur Übertragung einer Längenveränderung des Aktors 6 auf den Kolben 3 dient. Der Aktorkopf 11 ist in einem das Düsenmodul 2 dichtenden Metallbalg 16 verschiebbar geführt.

Der Aktorkopf 11 weist an der dem Aktor 6 abgewandten Seite einen Kegelsitz 12 auf, in welchem eine Kugel 13 angeordnet ist. Die Kugel 13 greift in einen weiteren Kegelsitz 14 ein, der an der dem Aktormodul 2 zugewandten Stirnseite des Stellkolbens 3 ausgebildet ist. Die Kugel 13 bildet eine kugelförmig gekrümmte Stirnseite 17, die dem Aktorkopf 11 zugeordnet ist und mittels der der Aktor 6 auf den Stellkolben 3 wirkt.

Der Kegelsitz 14 ist mit einer leichten Wölbung ausgebildet, deren Krümmungsradius etwas größer als derjenige der Kugel 13 ist. Dadurch wird eine geringe Flächenpressung zwischen der Kugel 13 und dem Kegelsitz 14 erreicht.

Die Lage des Stellkolbens 3 und damit die Größe des hydraulischen Kopplers ist über den Durchmesser der Kugel 13 einstellbar.

Des weiteren ist in dem Ventilhalter 4 ein Kraftstoffzufuhrkanal 15 ausgebildet, der mit einer nicht dargestellten Hochdruckpumpe verbunden ist und zu dem Düsenmodul führt.

In Figur 2 ist ein alternatives Ausführungsbeispiel einer Ventilsteuereinheit 30 eines Kraftstoffeinspritzventils dargestellt, das zum Einbau in eine Brennkraftmaschine eines Kraftfahrzeugs ausgebildet ist.

Die Ventilsteuereinheit 30 unterscheidet sich von der Ventilsteuereinheit nach Figur 1 dadurch, daß sie einen Aktorkopf 31 aufweist, der eine einem Stellkolben 32 zugewandte

Stirnseite 33 hat, die eine kugelförmige Krümmung mit einem Krümmungsradius  $r_1$  aufweist.

Die Stirnseite 33 des Aktorkopfes 31 wirkt mit einem im wesentlichen kegelförmigen Sitz 34 zusammen, der in einem dem Stellkolben 32 zugeordneten, scheibenförmig ausgebildeten Einstellstück 35 ausgebildet ist. Das Einstellstück 35 bildet die dem Aktormodul 2 zugewandte Stirnseite des Stellkolbens 32. Das Einstellstück 35 dient zur Einstellung der Lage des Stellkolbens 32 und damit der Größe des hydraulischen Kopplers, über den der Stellkolben 32 mit dem Betätigungskolben gekoppelt ist.

Der Kegelsitz 34 ist in der dem Aktorkopf 31 abgewandten Richtung leicht gewölbt. Die Wölbung hat einen Krümmungsradius  $r_2$ , der etwas geringer als der Krümmungsradius  $r_1$  der Stirnseite 33 des Aktorfußes 31 ist.

Zur radialen Fixierung des Einstellstücks 35 ist in dem Einstellstück 35 eine axiale Bohrung 36 ausgebildet, in welche ein axial ausgerichteter Zapfen 37 des Stellkolbens 32 eingreift.

In Figur 3 ist ein weiteres Ausführungsbeispiel einer Ventilsteuereinheit 40 eines Kraftstoffeinspritzventils dargestellt.

Die Ventilsteuereinheit 40 unterscheidet sich von derjenigen nach Figur 2 dadurch, daß sie einen Stellkolben 41 aufweist, der eine als im wesentlichen kugelförmig gekrümmte Fläche ausgebildete Stirnseite 42 hat. Die Stirnseite 42

liegt an einem im wesentlichen kegelförmigen Sitz 43 an,  
der an einem Einstellstück 44 ausgebildet ist, welches ei-  
nem Aktorkopf 45 eines hier nicht dargestellten piezoelekt-  
rischen Aktormoduls zugeordnet ist und zur Einstellung der  
5 Lage des Stellkolbens 41 und damit der Größe des hydraulischen Kopplers dient, über den der Stellkolben 41 mit einem  
Betätigungskolben gekoppelt ist. Der Kegelsitz 43 ist in  
der der Stirnseite 42 abgewandten Richtung leicht gewölbt.  
Der Krümmungsradius der Wölbung ist etwas geringer als der  
.0 Krümmungsradius der Stirnseite 42 des Stellkolbens 41.

Zur radialen Fixierung des Einstellstücks 44 ist an dem  
Einstellstück eine axiale Bohrung 46 ausgebildet, in welche  
ein axial ausgerichteter Zapfen 47 des Aktorkopfes 45 ein-  
.5 greift.

5

.0

## Patentansprüche

.5

20

25

30

1. Piezoelektrisches Aktormodul, insbesondere zur Betätigung eines Ventils zum Steuern von Flüssigkeiten bei einem Kraftstoffeinspritzventil, mit einem piezoelektrischen Bauelement (6), das sich axial über einen Aktorfuß (7) an einem Gehäuse (4) abstützt und über einen Aktorkopf (11, 31, 45) mit einer Stelleinheit (3, 32) in Wirkverbindung steht, dadurch gekennzeichnet, daß dem Aktorkopf (11, 31, 45) eine im wesentlichen kugelförmig gekrümmte Fläche (17, 32, 42) zugeordnet ist, über welche das piezoelektrische Bauelement (6) auf die Stelleinheit (3, 32, 41) wirkt.
2. Piezoelektrisches Aktormodul nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die kugelförmig gekrümmte Fläche (33) stirnseitig an dem Aktorkopf (31) ausgebildet ist.
3. Piezoelektrisches Aktormodul nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die kugelförmig gekrümmte Fläche

(42) an der Stelleinheit (41) ausgebildet ist und an dem Aktorkopf (45) eingreift.

- 5 4. Piezoelektrisches Aktormodul nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die kugelförmig gekrümmte Fläche (17) von einer Kugel (13) gebildet ist, die in die Stelleinheit (3) eingreift.
- .0 5. Piezoelektrisches Aktormodul nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Kugel (13) lose an dem Aktorkopf (11) anliegt.
- .5 6. Piezoelektrisches Aktormodul nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß der kugelförmig gekrümmten Fläche (17, 33, 42) ein im wesentlichen kegelförmiger Sitz (14, 34, 43) zugeordnet ist.
- 20 7. Piezoelektrisches Aktormodul nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß der kegelförmige Sitz (14, 34, 43) in der der kugelförmig gekrümmten Fläche (17, 33, 42) abgewandten Richtung gewölbt ist.
- 25 8. Piezoelektrisches Aktormodul nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die kugelförmig gekrümmte Fläche (33, 42) an einem Einstellstück (35, 44) anliegt, das der Stelleinheit (32) bzw. dem Aktorkopf (45) zugeordnet ist.
- 30 9. Piezoelektrischer Aktor nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß das Einstellstück (35, 44) eine Boh-

rung (36, 46) aufweist, in welche ein Zapfen (37, 47) der Stelleinheit (32) bzw. des Aktorkopfes (45) ragt.

5 10. Piezoelektrisches Aktormodul nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß sich der Aktorfuß (7) über eine an einer Schulter (8) ausgebildete, abgerundete Kante (9) an dem Gehäuse (4) abstützt.

.0 11. Piezoelektrisches Aktormodul nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß die abgerundete Kante (9) mit einem im wesentlichen kegelförmigen Sitz (10) zusammenwirkt.



1 / 3

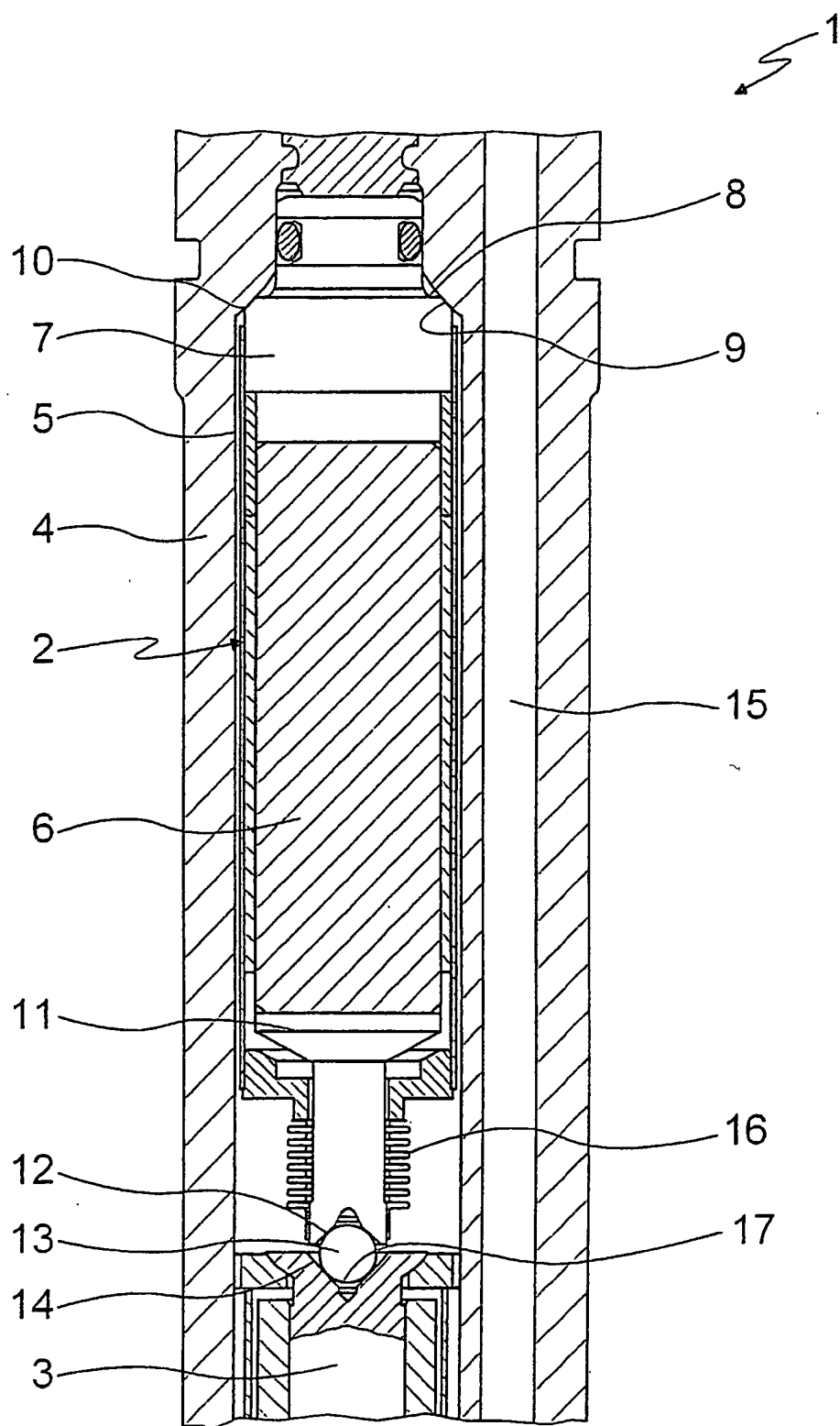


Fig. 1

2 / 3

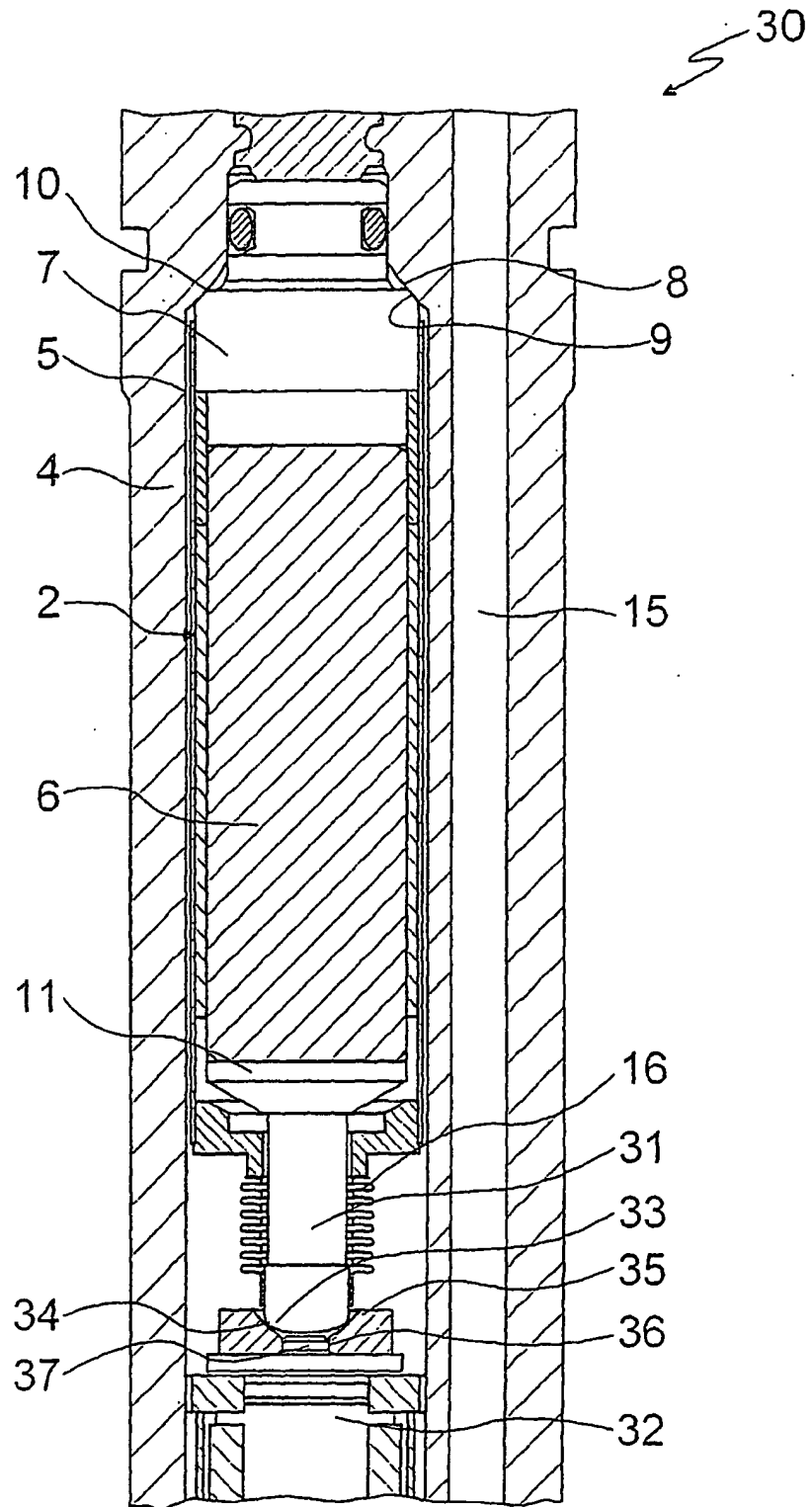


Fig. 2

3 / 3

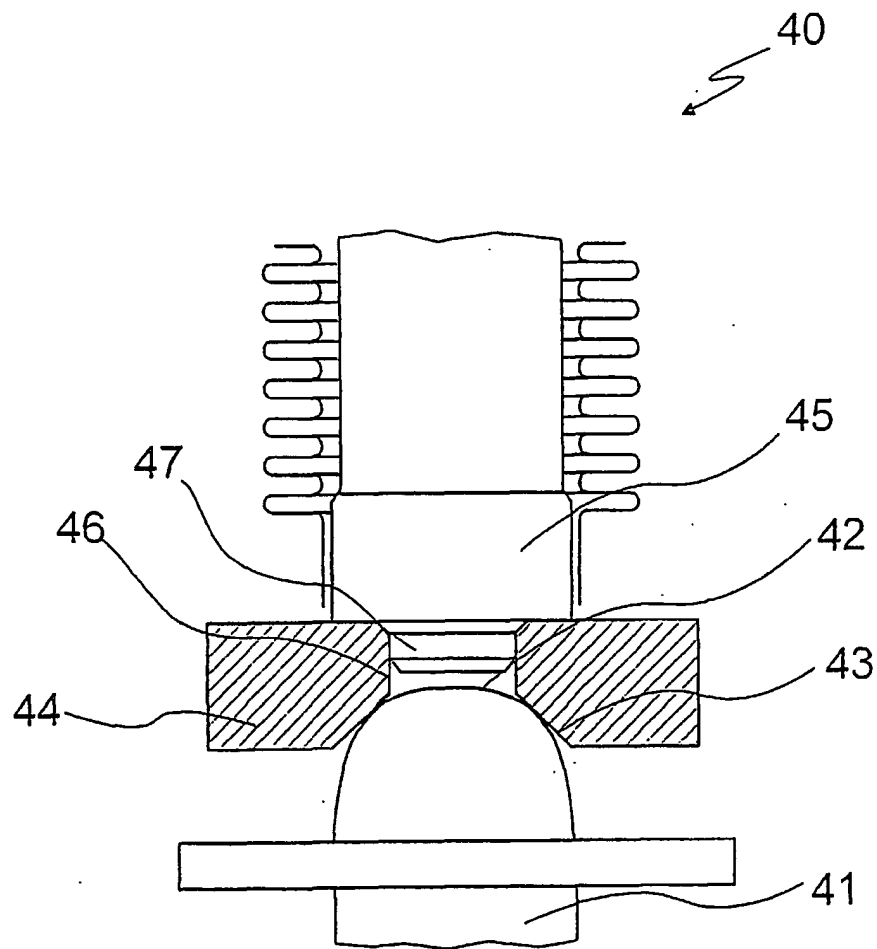


Fig. 3